



Mikko Karjalainen

# Trapeze Networksin WLAN-paikannusjärjestelmä

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Tietotekniikka  
Opinnäytetyö  
4.4.2011

Tekijä Otsikko	Mikko Karjalainen Trapeze Networks <span></span> in WLAN-paikannusjärjestelmä
Sivumäärä Aika	33 sivua 4.4.2011
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Tietotekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Tietoliikennetekniikka
Ohjaaja(t)	yliopettaja Antti Koivumäki järjestelmäinsinööri Juho Vartiainen
<p>Työn tavoitteena on tutkia reaaliaikaista sisätilapaikannusta langattomassa lähiverkossa. Se mahdollistaa minkä tahansa WLAN-laitteen paikannuksen rakennuksessa. Myös erillisiä kannettavia paikannustageja voidaan paikantaa.</p> <p>Teoriaosuudessa esitellään WLAN-paikannuksen tekniikat ja tarvittavat laitteet.</p> <p>Työn käytännönoosuudessa perehdytään Trapeze Networks<span></span>in paikannuslaitteisiin ja -ohjelmiin. Trapezen paikannuspalvelua ja sen eri ohjelmia testataan käytännössä Päijät-Hämeen keskussairaalassa Lahdessa, ja selvitetään, soveltuuko se sairaalamaailman olosuhteisiin.</p> <p>Trapezen paikannusjärjestelmällä ylettiin huonetason tarkkuuteen. Paikannusviiveen todettiin olevan noin 15-60 sekuntia. Suhteellisen pitkän paikannusviiveen takia nopeasti liikkuvien kohteiden paikannus oli haastavaa. Pääosin paikallaan tai hitaasti liikkuvien kohteiden paikannukseen järjestelmä soveltuu mainiosti.</p>	
Avainsanat	WLAN, WLAN-paikannus, sisätilapaikannus

Author(s) Title	Mikko Karjalainen Trapeze Networks WLAN Positioning System
Number of Pages Date	33 pages 4 April 2011
Degree	Bachelor's Degree
Degree Programme	Information and Communication Technology
Specialisation option	Information Networks
Instructor(s)	Antti Koivumäki, Principal Lecturer Juho Vartiainen, System Engineer
<p>The aim of this thesis was to study a real time indoor wireless LAN positioning system. It allows locating any device connected to WLAN in the building. Also portable Wi-Fi tags can be tracked.</p> <p>In the theoretical part of the study WLAN positioning technology and necessary hardware are introduced.</p> <p>In the practical part Trapeze Networks positioning devices and software were studied. Trapeze positioning system and programs were tested in Päijät-Häme central hospital in Lahti. The aim was to research how the system applied to the hospital environment.</p> <p>The Trapeze system was able to locate devices at room level. The tracking delay was 15-60 seconds. The system had some problems with tracking fast moving targets due to the relatively long delay. It proved to be suitable for tracking stationary or slow moving targets.</p>	
Keywords	WLAN, WLAN positioning, indoor positioning

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Sisätilapaikannus	2
2.1	Käyttötarkoitukset	2
2.2	Reaaliaikainen paikannusjärjestelmä	2
2.3	Paikkatiedon määrittäminen	3
3	WLAN-paikannustekniikka	5
3.1	Sormenjälkitekniikka	6
3.2	Wi-Fi Tag	8
3.3	Herätelaite	11
4	Trapezen paikannuspalvelu	11
4.1	Tukiasemat	13
4.2	Sormenjäljet ja alueet	15
4.3	Kalibrointi	16
4.4	Dashboard	17
4.5	Active Asset	18
4.6	Trapeze RF Firewall	20
5	Paikannus Päijät-Hämeen keskussairaalassa	20
6	Paikannusjärjestelmän testaus	21
6.1	Tavoite	22
6.2	Laitteisto	22
6.3	Paikannusalueen määrittäminen	23
6.4	Kalibrointi	23
6.5	Paikannuksen testaus	23
6.6	Johtopäätökset	26
7	Yhteenveto	27
	Lähteet	28

## 1 Johdanto

Paikannus on ollut arkipäivää jo 1990-luvun lopulta saakka, kun satelliitteihin perustuva GPS-järjestelmä (Global Positioning System) tuli kuluttajien käytettäväksi. Se on kuitenkin suunniteltu ulkopaikannukseen, eikä toimi rakennusten sisällä näköyhteyden puuttuessa satelliittin. GPS-järjestelmä on yksisuuntainen, joten mobiililaitteen paikkatiedon siirtäminen eteenpäin muuhun käyttöön on mahdotonta. Sisätilapaikannukseen on kehitetty erilaisia lukijaportein toimivia tunnisteverkkoja, mutta nämä järjestelmät eivät ole reaaliaikaisia, ja ne vaativat suuria rakenteellisia muutoksia kiinteistöön. Toimivalle sisätilapaikannukselle löytyy kuitenkin tarvetta ja paljon erilaisia käyttökohteita varsinkin sairaaloista ja teollisuuden alalta.

Tässä työssä tutustutaan WLAN-paikannukseen (Wireless Local Area Network), jossa paikannustiedon reaaliaikaiseen välittämiseen käytetään langatonta 802.11-lähiverkkoa. WLAN-verkko on edullinen toteuttaa, helppo hallita, laajennettavissa sekä monessa paikassa jo olemassa oleva. Nämä edut tarjoavat sisätilapaikannukselle otolliset puitteet. Kun erillistä verkkoa paikannukselle ei tarvitse rakentaa, kustannussäästöt ovat huomattavat.

Työssä perehdytään WLAN-paikannuksen mahdollisuuksiin, käyttötarkoituksiin sekä tekniikkaan. Työn käytännön osuudessa tutustutaan Trapeze Networksin paikannuslaitteisiin ja -ohjelmiin sekä suoritetaan paikannusjärjestelmän koekäyttö Päijät-Hämeen keskussairaalassa.

Tämän työn tekemisen aikana kävi ilmi, että Juniper Networks on ostanut Trapezen Networksin. Tekstissä käytetään kuitenkin edelleen Trapeze -yhtiön nimeä. Työssä mainittava Newbury Networks on kuulunut Trapezen omistukseen vuodesta 2006 saakka.

Työ on tehty Signal Partners Oy:n pyynnöstä.

## 2 Sisätilapaikannus

### 2.1 Käyttötarkoitukset

Nopealle ja tarkalle sisätilapaikannukselle löytyy paljon käyttötarkoituksia; ihmisten ja laitteiden paikannus, talon sisällä navigointi, turvallisuuden ja valvonnan tehostaminen, pääsynhallinta sekä paikasta selvillä olevien ohjelmien kehittäminen. Sairaaloiden, tehtaiden, varastojen, lentokenttien, kauppakeskusten, museoiden, vanhainkotien ja muiden suurten rakennusten alueella toimivat ihmiset hyötyisivät monella tavalla toimivasta paikannusjärjestelmästä.

Sairaaloissa lääkärit, sairaanhoitajat, erikoislaitteet ja jatkuvaa huolenpitoa vaativat potilaat olisivat valvottavissa ja nopeasti löydettävissä. Työaikaa ei tarvitsisi kuluttaa tavaroiden etsimiseen. Tehtaissa ja varastoissa logistiikka tehostuisi, kun tuotteita voitaisiin seurata reaaliaikaisesti. Tuotteiden ja laitteiden inventointi käy hetkessä paikannusjärjestelmän avulla.

Ihmisten turvallisuus ja valvonta parantuu huomattavasti jatkuvan paikkatiedon ansiosta. Kun henkilön paikka kiinteistössä tiedetään, on mahdollisen avun kohdistaminen tehokasta. Hätätilanteessa, kuten tulipalossa pelastushenkilökunta hyötyisi tiedosta rakennuksessa sisällä olevien ihmisten lukumäärästä ja paikkatiedoista.

### 2.2 Reaaliaikainen paikannusjärjestelmä

Reaaliaikainen paikannusjärjestelmä (RTLS, Real Time Locating System) tarkoittaa järjestelmää, jossa paikannettavan kohteen sijainnista saadaan jatkuvaa dataa, toisin kuin lukijaportteihin perustuvassa järjestelmässä, jossa paikkatieto saadaan vain silloin kun kohde kulkee portin läpi. Tällainen systeemi ei ole reaaliaikainen ja on myös mahdollista, että kohde kulkee portista lukijan tätä huomaamatta.

Paikkatiedon selvittämiseen sisätiloissa on olemassa muutamia erilaisia tekniikoita. Kaikki paikannusjärjestelmät perustuvat langattomien signaalien käyttöön. Vuonna 1994 AT&T kehitti infrapuna-alueen signaaleihin perustuvan järjestelmän, jossa paikannettavalla kohteella on mukanaan lähetin, joka lähettää tietyin väliajoin infrapunasiignaalia seinille asennetuille vastaanottimille. Nämä vastaanottimet välittävät

signaalin edelleen paikannuspalvelimelle, joka määrittää kohteen sijainnin. Infrapunasignaalin kantama on pieni, se on herkkä häiriöille eikä se läpäise rakenteita ollenkaan, joten vastaanottimia on asennettava vähintään yksi joka huoneeseen. Vuonna 1997 kehitettiin Active Bat ja Cricket –menetelmät, jotka perustuvat ultraäänisignaaleihin. Nämä eivät ole juuri infrapunaan perustuvaa järjestelmää parempia, koska ne vaativat erikoislähettimet ja –vastaanottimet sekä paljon asennustyötä kiinteistöön. Vaikka näillä tekniikoilla päästäisiinkin usein jopa senttimetrin tarkkuuteen, ne eivät yksin sovellu kustannustehokkaan paikannusjärjestelmän tekniikaksi. [4, s. 857-858]

WLAN-tekniikan yleistyttyä Microsoft teki vuonna 2000 RADAR-nimisen tutkimusprojektin, jossa paikannustekniikkana käytettiin langatonta lähiverkkotekniikkaa (802.11) eli vapaata 2,4 GHz:n radiotaajuutta. Radioaalloilla on suuri läpikulkevyys, joten ne sopivat sisätilapaikannukseen huomattavasti infrapunaa ja ultraääniä paremmin tekniikoita paremmin. [2]

### 2.3 Paikkatiedon määrittäminen

Paikkatieto voidaan määrittää usealla eri tavalla. Radioaaltojen vaimennus desibeleinä vapaassa tilassa voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$L = 10 \log_{10} \left( \frac{4\pi df}{c} \right)^2$$

jossa

L = yhteysvälivaimennus, lähetetyn ja vastaanotetun tehon suhde

d = lähettimen ja vastaanottimen välinen etäisyys

f = taajuus

c = valon nopeus tyhjiössä. [21]

Kun signaalin taajuus, lähetysteho ja vastaanotettu teho tunnetaan, voidaan etäisyys selvittää. Jos etäisyys kohteesta tunnetaan vähintään kolmeen eri tukiasemapisteseen, voidaan paikkakoordinaatit määrittää kolmiomittauksen avulla.

Toinen vaihtoehto on selvittää signaalin kulkuaika (ToA, Time of Arrival) tai kulkuaikaero (TDOA, Time Difference of Arrival) kohteesta kolmeen tukiasemaan, jonka jälkeen ne voidaan muuttaa etäisyydeksi ja paikka selvittää. GPS-järjestelmät perustuvat

tähän kulkuajan mittaamiseen. Paikkakoordinaatit saadaan selville myös käyttämällä hyväksi signaalin tulokulmaa (AoA, Angle of Arrival) määrittämällä paikannettavasta kohteesta lähetetyn signaalin tulokulma kahdessa eri tukiasemassa. Tulokulmien suuntaiset suorat leikkaavat kohteen kohdalla.

Nämä tekniikat toimivat tarkasti, kun tukiasemapisteen ja paikannettavan laitteen välillä on näköyhteys (LoS, Line-of-sight). Signaali kulkee tässä tapauksessa suoraan näiden välillä. Sisätiloissa rakenteet aiheuttavat kuitenkin voimakasta vaimennusta eikä vapaan tilan kaava enää yksinään riitä. Vaimeneminen riippuu taajuuden lisäksi väliaineen ominaisuuksista. Radioaaltojen vaimennukset eri väliaineissa tunnetaan, joten voidaan luoda kaava joka ottaa huomioon vapaan tilan vaimennuksen lisäksi myös rakenteiden vaimennukset. [12]

Taulukko 1. Radiotien esteiden vaimennuksia 2,4 GHz:n taajuudella. [9]

Materiaali	Vaimennus
Kipsilevy	3-4dB
Puinen ovi	3dB
Toimistoseinä	2-5dB
Lasi-seinä metalli kehyksellä	6dB
Tiili /betoni seinä	6-18dB
Metallovi	13-19dB

Toinen ongelma paikannuksessa aiheutuu siitä, että radiosignaali ei kulje sisätiloissa suoraan lähettimestä vastaanottimeen, vaan muuttaa suuntaansa rakenteista heijastumisen, taipumisen ja sironnan vaikutuksesta. Nämä radioaaltojen ominaisuudet aiheuttavat tilanteen, jossa signaalit kulkevat eri reittejä paikannettavasta kohteesta tukiasemaan aiheuttaen välillä signaalin vahvistumista ja välillä heikentymistä. Tämä niin kutsuttu monitie-eteneminen voi myös aiheuttaa signaalin vastaanotossa suuria voimakkuus- sekä vaihe-eroja ja tästä johtuen usein myös tiedonsiirtovirheitä. Myös pai-



kannettavan radiolaitteen liikkuminen aiheuttaa monitie-etenemistä. Monitie-etenemisten vaimentava vaikutus voidaan mallintaa kokeellisesti. [12]

Radiosignaalin taajuuden nouseminen tai laskeminen lähettimen ja vastaanottimen keskinäisen liikkeen takia, eli doppler-ilmiö, on erittäin vähäistä 2,4 GHz:n taajuustaajuudella.

Kun samaan kaavaan sisällytetään niin radiotien vaimenemismalli ja tämä niin kutsuttu monitie-etenemisen vaimennusmalli, saadaan radioaallon etenemismalli, (RF model) jonka avulla voidaan laskea etäisyydet paikannettavaan kohteeseen sisätiloissa. Radiotien vaimenemismalli riippuu kuitenkin hyvin paljon rakennuksen radiotien esteistä, kuten seinistä, ovista, ikkunoista, hissikuiluista sekä ihmisistä, joten kaikenkattavaa sisätilojen vaimennusmallia on mahdotonta määrittää.

### 3 WLAN-paikannustekniikka

Paikannusjärjestelmän perustaminen WLAN-verkon päälle on kannattavaa. Erillistä paikannuslaitteistoa ei tarvitse asentaa, kun paikannettavan kohteen signaalin välittävät paikannuspalvelimelle tukiasemat.

Nykyajan suuret WLAN-verkot perustuvat keskitettyyn hallintaan, jossa ennen tukiasemien hoitamat tehtävät, kuten liikenteen jakaminen, radiotien kontrollointi, pääsynhallinta ja tietoturva on siirretty WLAN-kontrollerille. Tukiasemat ovat tällaisessa verkossa niin sanotusti kevyitä (LAP, Lightweight Access Point). Kontrollerissa on kaikki verkon äly. Tukiasemien hallintaan käytetään LWAPP-protokollaa (Lightweight Access Point Protocol).

Keskitetyn hallinnan WLAN-verkot mahdollistavat tuhansien tukiasemien helpon ja nopean hallittavuuden. Paikannuspalvelun perustaminen tällaisen verkon päälle on kannattavaa.

Kaikki nykyiset WLAN-paikannusjärjestelmät käyttävät paikkatiedon määrittämiseen paikannettavalta laitteelta vastaanotetun signaalin voimakkuustasoa, eli RSSI-tietoja (RSSI, Received signal strength indication). RSSI-data lähetetään tukiasemilta edelleen

paikannuspalvelimelle, jossa varsinainen laskenta tapahtuu. Signaalinvoimakkuustiedot kulkevat siis muun datan mukana verkon kapasiteettia juuri rasittamatta.

Vuonna 2000 Microsoftin RADAR-projektissa WLAN-paikannusjärjestelmää testattiin mallintamalla kokeellisesti radioaaltojen eteneminen niin rakenteiden vaimenuksen kuin monitie-etenemisestäkin aiheutuvan vaimennuksen suhteen. Etäisyys paikannettavasta WLAN-laitteesta arvoitiin mallien avulla kolmeen tukiasemaan josta paikka saatiin laskettua. Testiympäristönä oli toimistokerros, jonka koko on noin 44x23 metriä. Testissä saavutettiin joka kohdassa aluetta noin neljän metrin paikannustarkkuus.

### 3.1 Sormenjälkiteknikka

Ratkaisu sisätilapaikannuksen haasteisiin on käyttää niin sanottua sormenjälkitekniikkaa (engl. location fingerprinting), jossa ennen varsinaista paikannusta suoritetaan alueen kalibrointi. Paikannuspalvelimelle määritetään alueelta piste, jonka koordinaatit tunnetaan. Tämän jälkeen pisteestä lähetetään signaalia vähintään kolmen tukiaseman kautta palvelimelle, joka tallentaa RSSI-tiedot tietokantaan. Näin muodostunut sormenjälki- eli referenssipiste sisältää tiedot sen koordinaateista ja RSSI-arvoista, jotka ovat tukiasemille saapuneet. Sormenjälkipisteitä määritetään useita paikannettavalle alueelle. [4, 18.]

Paikannustilanteessa tukiasemat välittävät paikannettavan laitteen RSSI-tiedot palvelimelle, joka sitten etsii tietokannasta näitä tietoja vastaavan sormenjäljen. Jäljen löytyessä pisteen koordinaatit saadaan selville. Kun eri sormenjälkien RSSI-arvot muistuttavat toisiaan mahdollisimman vähän, niiden vertaaminen tietokannassa oleviin arvoihin helpottuu, ja näin paikannus tehostuu. Radiotien vaimennukset kuten seinät, ovet ja huonekalut tehostavat tässä tapauksessa paikannus-, eli laskentamoottorin toimivuutta, koska niiden ansiosta sormenjäljistä tulee erilaisia. Jos esimerkiksi kaksi jälkeä muistuttavat hyvin paljon toisiaan, on niiden vertaaminen paikannustilanteessa vaikeaa ja tästä johtuen kohteelle saatetaan ilmoittaa väärän sormenjäljen koordinaatit.

Sormenjälkeä muodostettaessa kalibrointipisteestä lähetetään useaan kertaan RSSI-dataa. Tällä tavalla huomioidaan signaalin voimakkuuksien hajonta. Myös mittaavan henkilön keho vaimentaa signaalia tehokkaasti, joten kalibrointitilanteessa pitää suunnata paikannuslaite vuorotellen eri suuntiin. Yksi sormenjälki sisältää siis useita RSSI-

arvoja kaikista tukiasemista. RSSI-datan ja sormenjälkien yhteneväisyyksien etsimiseen ja näiden avulla paikan määrittämiseen voidaan käyttää useita erilaisia ja eritehoisia algoritmeja. Lähes aina paikannuspalveluita tarjoavat yritykset salaavat nämä paikannusmoottorin käyttämät laskenta-algoritmit [18].

Pelkästään radiotien mallinnukseen perustuvassa paikannusjärjestelmässä käyttöönotovaiheessa ei tarvitse kuin määrittää tukiasemien koordinaatit. Sormenjälkiteknikka vaatii huomattavasti enemmän työtä ennen kuin paikannus saadaan toimintaan, koska koko alue on peitettävä sormenjäljillä. Yhden sormenjäljen muodostaminen saattaa kestää useita minuutteja paikannusmoottorista riippuen, koska mittausdataa on tallennettava tietokantaan paljon.

Microsoftin RADAR-projektissa testattiin paikannusta myös pelkästään sormenjälkitekniikalla. Sillä päästiin koko alueella 2-3 metrin tarkkuuteen, joka on radiotien mallia käyttävää tekniikkaa tarkempi [2, s. 784].

Sormenjälkiin perustuvassa paikannussysteemissä paikkatieto saadaan vain niistä pisteistä, josta kalibrointimittaus on tehty. Varsinaisten x-y-koordinaattien laskeminen sormenjälkipisteiden välisiltä alueilta on tässä tapauksessa hankalaa. Ratkaisu on yhdistää sormenjälkiteknikka ja radiotien etenemismalli. Radiotien mallinnuksen ansiosta koordinaatit pystytään paremmin laskemaan sormenjälkipisteiden välisillä alueilla. Paikannusjärjestelmä ei kuitenkaan välttämättä tarvitse tätä mallinnusta toimiakseen moitteetta, jos sormenjälkiä vain määritetään tarpeeksi. Tästä esimerkkinä Trapezen paikannuspalvelu [18].

Paikannustarkkuus riippuu monesta eri asiasta, kuten tukiasemien ja sormenjälkien määrästä ja niiden sijoittelusta. Rakenteiden vaimennukset ja erityisesti ihmisen kehon vaimennus vaikuttaa tarkkuuteen huomattavasti. Useimmat yritykset ilmoittavat paikannustarkkuudeksensa jopa kaksi metriä. Lähtökohtana voidaan kuitenkin pitää, että nämä yltyvät pääosin huonetason tarkkuuteen. Tämä on useimmille sovelluksille riittävä.

Ciscon ja Ekahaun paikannuspalvelun käyttöönotossa voidaan käyttää valmiita vaimennusmalleja tai tehdä uusi kalibroimalla alue. Valmiit mallit ovat vain suuntaa antavia,

joten tarkimpaan tulokseen päästään, kun alueen vaimennusmalli muodostetaan joka rakennukseen erikseen.

Tässä esitelty paikannusratkaisu on palvelinpuolinen. Kaikki laskenta tapahtuu paikannuspalvelimen moottorissa. Ciscon, Motorolan, Trapezen ja AeroScoutin palvelu perustuu tähän malliin. Suomalaisen RTLS-palveluita tarjoavan yrityksen, Ekahaun ratkaisu on kuitenkin hieman päinvastainen. Siinä tukiasemat lähettävät paikannettavalle laitteelle signaalia. Tästä signaalista laite lukee RSSI-arvot ja lähettää ne paikannuspalvelimelle tukiasemien välityksellä. Näin moottorin laskentamäärä pienenee hiukan.

Vaatimuksena tässä niin sanotussa asiakas-puoleisessa ratkaisussa on se, että tukiasemien lähetystehon on joka tilanteessa oltava vakio. Haittapuolena on se, ettei kaikkia alueella olevia WLAN-laitteita voida paikantaa, vaan ainoastaan niitä, joihin Ekahaun paikannusohjelma on asennettu. [7, 8.]

### 3.2 Wi-Fi Tag

Palvelinpuolinen paikannusratkaisu mahdollistaa minkä tahansa WLAN-verkkoon kytkeytyneen laitteen, kuten tietokoneen, kännykän tai PDA-laitteen paikantamisen. Usein tarkoituksena on kuitenkin paikantaa esimerkiksi sairaalalaitteita tai potilaita, joilla ei ole mahdollisuutta kantaa näitä laitteita mukanaan. Tätä varten markkinoilla on tarjolla suuri määrä erilaisia Wi-Fi tageja, jotka perustuvat RFID-tunnistetekniikkaan.

Suurin osa RFID-tageista on ns. passiivisia. Ne koostuvat antennista ja tunnistetiedon sisältämästä mikropiiristä. Passiivisien tagien tunniste voidaan lukea RFID-lukijalla muutamien metrien päästä. Lukija antaa tunnisteele tarvittavan tehon tiedon lähettämiseen. Passiivisia tunnisteita ei voida käyttää reaaliaikaisen paikannusjärjestelmän toteuttamiseen niiden pienen lähetystehon takia.

Toinen tunnistetyyppi on niin sanottu aktiivinen RFID. Se sisältää antennin ja mikropiirin lisäksi virtalähteen, jonka ansiosta tunniste pystyy lähettämään itsenäisesti tietoa suurelle alueelle (jopa 100 m). Aktiivisen tunnisteen muisti on paljon suurempi kuin passiivisen. Tähän RAM-muistiin voidaan tallettaa erilaisia tietoja paikannettavasta kohteesta. Aktiivinen RFID-tunniste voi lähettää signaalipurskeen tasaisin väliajoin (engl.

beacon). Purskeesta tukiasemat saavat RSSI-tiedot, jotka lähetetään paikannuspalvelimelle. Tagi ei siis ole jatkuvassa 802.11-protokollan määrittämässä tietoliikenneyhteysessä tukiasemiin, joten se ei myöskään tarvitse paikannustilanteessa IP-osoitetta. Tageja hallinnoidaan niiden MAC-osoitteiden perusteella. [5, 13, 20.]

Signaalipurskeen lähetyksen aikaväli voidaan asettaa halutuksi. Useimmissa tageissa se on oletuksena 15 sekuntia. Myös käytetyt kanavat voidaan määrittää sekä purskeiden määrä per kanava. Tagit, jotka sisältävät liiketunnistimen, voidaan asettaa lähettämään useammin signaalia, kun ne ovat liikkeessä. Akun elinaika on usein monia vuosia, riippuen asetetusta signaalin lähetysvälistä. Tageja on saatavana monenkokoisia ja erilaisilla ominaisuuksilla varustettuna. Monipuolisimmat paikannustagivalikoimat ovat AeroScoutilla ja Ekahaulla.



Kuvio 1. Trapeze Newbury AT-320

Ihmisten paikannukseen tarkoitetut tagit ovat pieniä ja niitä voidaan kantaa esimerkiksi ranteessa. Tagissa on yksi tai useampi kutsunappi, johon voidaan määrittää erilaisia hälytystoimintoja. Ekahaun T301W tagi painaa vain 35g. Ekahaun rannetagit tukevat kaksisuuntaista tiedonsiirtoa, jossa kutsunapin painamisen jälkeen voidaan varmistua hälytyksen perillemenosta vastaussignaaliilla. Vastaussignaali ilmaistaan tagin led-valojen avulla.

Ekahaun T301BD tagi mahdollistaa tekstisanomien vastaanottamisen ja lähettämisen. Tällainen laite tunnetaan nimellä "Wi-Fi pager".



Kuvio 2. Ekahau T301W rannetagi

Suuremmat tagit on tarkoitettu laitteisiin kiinnitettäväksi. Niillä on pidempi akunkesto kuin ihmisten paikannukseen tarkoitetuissa. AeroScoutin T2-EB laitetagille luvataan suuren akun ansiosta jopa kahdeksan vuoden toiminta-aika, kun paikkasignaalia lähetetään viiden minuutin välein.



Kuvio 3. AeroScout T2EB -laitetagi

Useat tagit sisältävät liikesensorin sekä lämpötila- ja kosteusmittarin. Niitä voidaan käyttää siis paikannuksen lisäksi rakennuksen olosuhteiden langattomaan valvontaan.

Osa AeroScoutin tageista sisältää ultraäänivastaanottimen. Kun huoneeseen, esimerkiksi sängyn yläpuolelle asennetaan ultraäänilähetin, voidaan kohteita paikantaa jopa huonetasoa tarkemmin. Ekahaun vastaava ratkaisu toimii infrapunavalolla.

Trapeze Networksilla on valittavana vain yksi tagimalli: AT-320. Se on keskikokoinen (65mm x 41mm x 18mm) kevyt tagi, jossa on yksi kutsunappi, lämpötila-anturi sekä liiketunnistin. [1, 6, 15.]

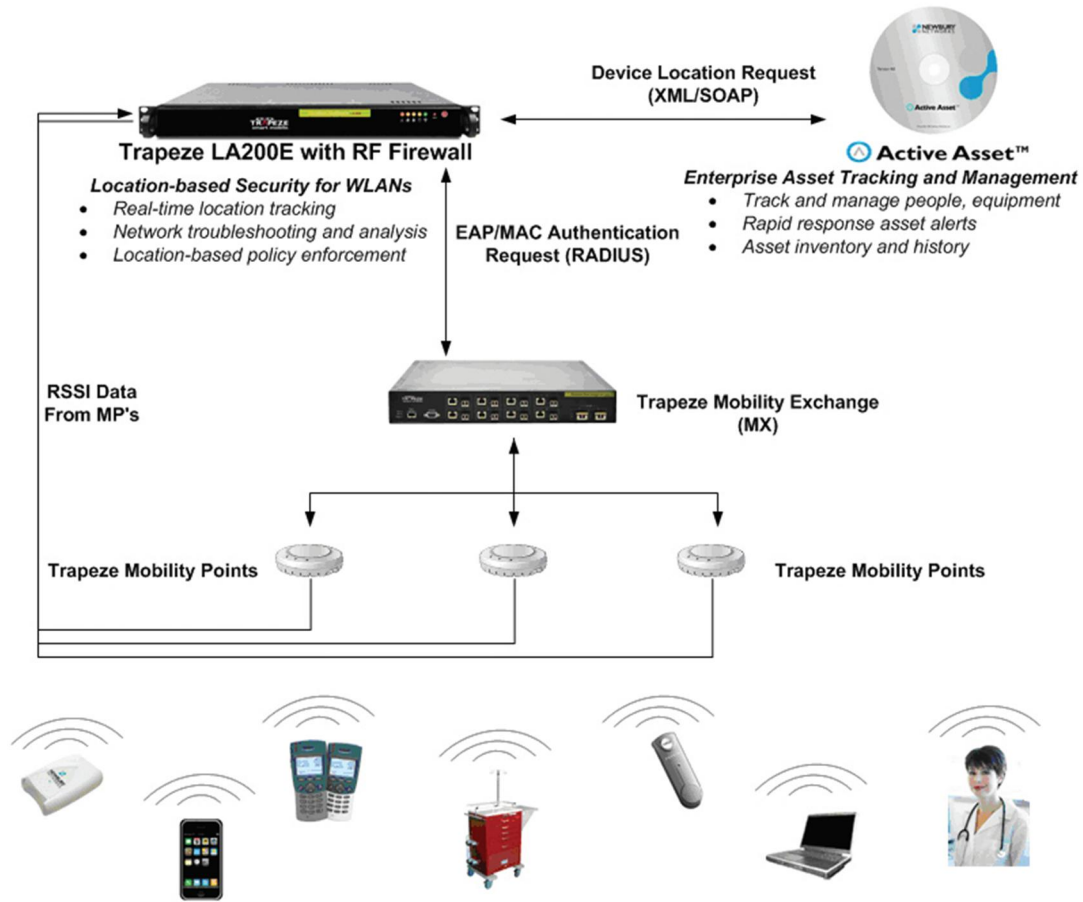
### 3.3 Herätelaite

Herätelaitteen (engl. exciter) tarkoituksena on lähettää sen ohi kulkevalle tagille signaali, jonka seurauksena tagi lähettää sijaintitietonsa välittömästi paikannuspalvelimelle. Tehdasasetuksilla useimmat tagit ilmoittavat paikkansa palvelimelle vain joka 15. sekunti. Herätelaitteen avulla esimerkiksi tieto tagin poistumisesta alueelta saadaan nopeammin. Laite voidaan sijoittaa alueen poistumisoviaukoille tai aulatilaan. AeroScoutin herätin toimii 125 kHz:n taajuudella. Ekahaun vastaava laite käyttää infrapunavaloa. Trapezen järjestelmä ei herätinlaitteita tue lainkaan.

## 4 Trapezen paikannuspalvelu

Trapezen paikannuspalvelu perustuu paikannuspalvelimeen, LA-200 (Location Appliance), joka saa paikannettavista kohteista jatkuvasti signaalinvoimakkuustietoja (RSSI, Received Signal Strength Indication) tukiasemien välityksellä. RSSI-arvoja verrataan esimittaus- eli sormenjälkidataan. Näin kohteen paikka saadaan selville. Kaikki laskenta tapahtuu palvelimen paikannusmoottorissa.

Tukiasemat lähettävät RSSI-datan suoraan LA-200:lle, eikä paikannusdata kulje WLAN-kontrollerin kautta. Kontrolleria tarvitaan kuitenkin paikannuspalvelun käyttöönotossa. Palvelin laskee paikkatiedot ja lähettää ne edelleen xml/soap-viesteillä eteenpäin Trapezen Active Asset hallintaohjelmistolle tai kolmannen osapuolen ohjelmien käyttöön.



Kuvio 4. Trapezin paikannustopologia. [17]

Trapezen järjestelmän ollessa palvelintyyppinen paikannettaviin laitteisiin ei tarvitse asentaa minkäänlaista paikannusohjelmaa. Järjestelmä pystyy siis paikantamaan eri valmistajien RFID-tagien lisäksi mitkä tahansa WLAN-verkkoon kykeytyneet laitteet. Tällä tavalla onnistuu myös vieraiden tukiasemien ja WLAN-laitteiden paikantaminen. Palvelinpuoleisen ratkaisun ansiosta tukiasemien lähetystehojen erot eivät vaikuta paikannukseen. Paikannustagit eivät tarvitse IP-osoitteita. LA-200 hallinnoi niitä MAC-osoitteiden perusteella.

Toisin kuin muiden valmistajien paikannusjärjestelmät, Trapezin paikannusmoottori ei tarvitse alueesta radiosignaalien vaimennusmallia, eikä radiotaajuuksien esteitä tarvitse määritellä. Järjestelmä perustuu pelkästään sormenjälkipisteiden RSSI-arvojen vertailuun, joten paikannusmoottori selviää vähemmällä laskennalla kuin radiomallin sisältävä moottori. Haittapuolena tällaisessa systeemissä on se, että varsinaisia x,y-koordinaatteja ei voida määrittää luotettavasti, vaan paikkatieto saadaan ainoastaan



sormenjälkien välittömässä läheisyydessä. Koordinaatit ovat kuitenkin saatavissa xml-muodossa API-rajapinnan kautta.

Taulukko 2. Trapezen ilmoittamat järjestelmän suorituskykyarvot [16].

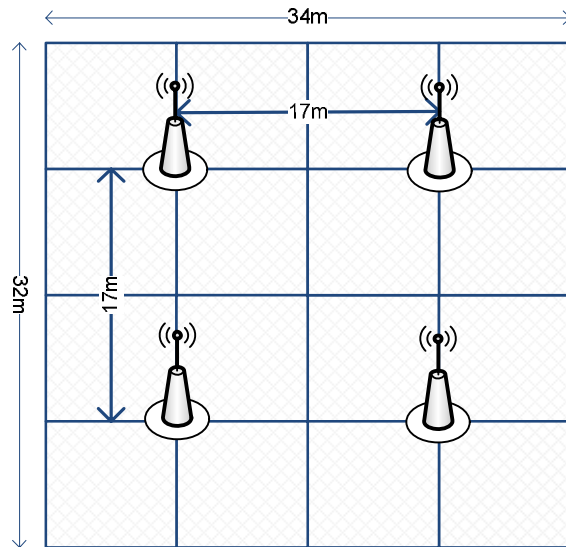
Paikannustarkkuus 10m	99% ajasta
Paikannustarkkuus 5m	97% ajasta
Paikannustarkkuus 3m	95% ajasta
Keskimääräinen paikannusaika	30s
Pienin paikannusaika	10s
Paikannettavia laitteita	4000

Yksi LA-200 pystyy paikantamaan samanaikaisesti korkeintaan 4000 laitetta, ja paikannukseen osallistuvia tukiasemia voi olla 200 kappaletta. Paikannusviive on noin 10-60 sekuntia. Järjestelmän tarkkuus avoimessa tilassa on 3-5 metriä. Kuitenkin alueiden reunoilla voidaan päästää jopa metrin tarkkuuteen. Tämä tarkoittaa esimerkiksi tilanetta, jossa sormenjäljet ovat lähellä toisiaan ja niiden välillä on seinä tai muu voimakkaasti vaimentava rakenne.

#### 4.1 Tukiasemat

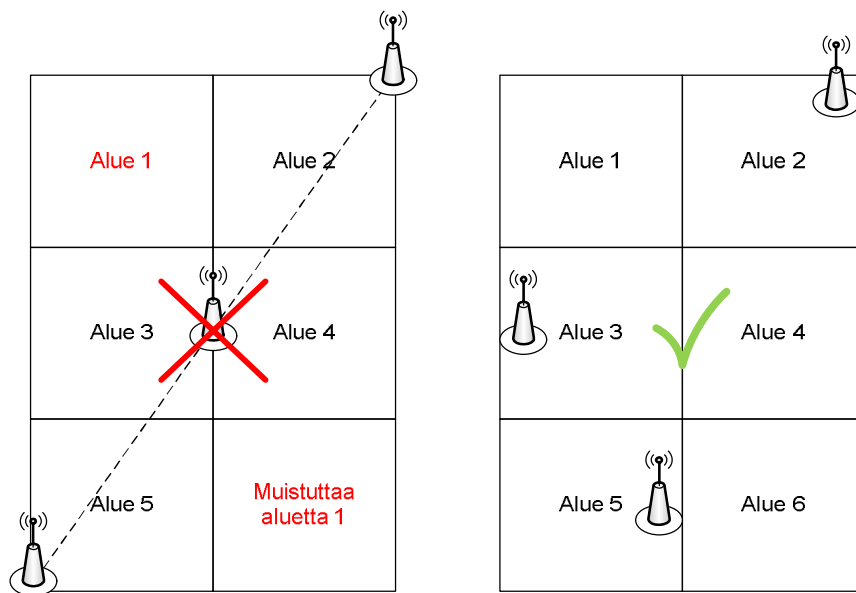
Trapezen paikannusjärjestelmä voidaan pystyttää jo olemassa olevan WLAN-verkon päälle. Tukiasemien riittävä määrä ja niiden sijainnit tulee kuitenkin ottaa huomioon tarkkaan paikannukseen pyrittäessä. Yhden kerroksen tukiasemien lisäksi voidaan hyödyntää myös ylä- ja alakerroksien tukiasemat. Näin paikannettavasta kohteesta saadaan mahdollisimman paljon RSSI-dataa.

Paikannukseen osallistuvien tukiasemien määrä riippuu paikannettavan alueen koosta. Vaikka paikannus toimiikin samassa verkossa datan siirron kanssa, tarvitsee se enemmän päällekkäisyyttä tukiasemien peittoalueen suhteen. Tukiasemien minimimäärä on viisi, mutta hyvään lopputulokseen päästään, kun jokaisessa kohdassa alueella kuuluu vähintään 8 tukiasemaa. Saattaa siis olla, että alueelle joudutaan lisäämään jonkin verran tukiasemia paikannustarkkuuden lisäämiseksi. Trapezen ohjeiden mukaan tulisi sijoittaa yksi tukiasema jokaista 300 neliometriä kohden.



Kuvio 5. Tukiasemien tarvittava määrä

Optimaallisin paikka tukiasemille on paikannettavan alueen reunalla kuitenkin kolmen metrin päästä ulkoseinästä. Tukiasemat eivät saa olla suorassa linjassa toisiinsa nähden, koska muuten saattaa syntyä alueita joissa sormenjäljet muistuttavat toisiaan. Tämä asia pitää muistaa myös pystysuunnassa, kun paikannukseen osallistuu eri kerrosten tukiasemia.



Kuvio 6. Tukiasemien oikeaoppinen sijoittaminen. [17]

Tukiasemat asetetaan datan siirrossa normaalisti toimimaan 2,4 GHz:n alueella kolmella kanavalla: 1, 6 tai 11. Paikannusdata ei kulje kannettavalta tietokoneelta, kännykältä

tai muulta WLAN-verkkoon kytkeytyneeltä laitteelta jokaisen tukiaseman kautta, joten RSSI-datan määrä paikantamiseen ei ole riittävä. Ratkaisu tähän on asettaa alueelle muutama tukiasema vain paikannusta varten. Trapeze kutsuu näitä tukiasemia nimellä "Dedicated Access Point". Ne eivät osallistu datan siirtoon, vaan pelkästään kuuntelevat kaikkia kanavia ja välittävät RSSI-tietoja. Jotta paikannusverkosta tulisi riittävän kattava, on kolmen kanavan jaolla näitä omistettuja tukiasemia oltava vähintään joka kolmas kaikista tukiasemista.

Tagien paikannuksessa ei tällaista ongelmaa ole, koska ne lähettävät signaalipurskeensa jokaisella määritetyllä kanavalla, joten jokainen tukiasema kuulee sen. Jos tarkoitus on siis paikantaa vain tageja, ei paikannukselle omistettuja tukiasemia tarvitse ottaa mukaan. [18]

#### 4.2 Sormenjäljet ja alueet

Sormenjälki tulee ottaa kaikista niistä pisteistä, joista paikkatieto halutaan. Paikannusmoottori ei siis osaa laskea tarkasti koordinaatteja sormenjälkien välisiltä alueilta radiotien etenemismallin puuttuessa. Sormenjäljet sidotaan alueisiin, joita Trapeze kutsuu nimellä "Locale". Alueet on järkevä määrittää huoneiden ja muiden rakenteiden mukaisesti. Niille annetaan tilaa kuvaava nimi, kuten "neuvotteluhuone" tai "potilashuone\_02". Jokaiseen alueeseen määritetään vähintään yksi sormenjälkipiste. Yksi sormenjälki riittää pieneen tilaan, mutta suurempiin, kuten käytäviin ja auloihin kannattaa määrittää useampi piste. Sormenjälkien lukumäärällä ei ole ylärajaa, kunhan ne vain ovat riittävän etäällä toisistaan ja tarpeeksi yksilöllisiä.

Sormenjälkiä ei saa vapaassa tilassa asettaa alle 3-5 metrin päähän toisistaan, koska tämän jälkeen niitä on vaikea erottaa toisistaan. Jos välissä on vaimentava seinä, ja tukiasemia on riittävästi, voi niiden etäisyys olla jopa metrin luokkaa.



Kuvio 7. Trapezen esimerkki alueiden ja sormenjälkien oikeaoppisesta sijoittelusta. [18]

Trapezen mukaan sormenjälkien lukumäärä tulee olla noin neljä kertaa tukiasemien määrä, esimerkiksi 12 tukiaseman alueella niitä saa olla maksimissaan 48 kappaletta. Sormenjäljet nimetään hallinnan helpottamiseksi sen alueen mukaan, jossa pisteet sijaitsevat, esimerkiksi "neuvotteluhuone\_fp\_1" tai "käytävä\_fp\_etelä".

LA-200 -paikannuspalvelinta hallitaan selaimella https-yhteyden yli. Web-käyttöliittymällä määritetään alueet ja sormenjäljet. Kun nämä on tehty, voidaan kalibrointi aloittaa. [18]

#### 4.3 Kalibrointi

Kalibrointi eli sormenjäljen muodostaminen RSSI-datasta tehdään selaimella ja mobiililaitteella. Se voidaan suorittaa millä tahansa WLAN-laitteella, mutta jos tarkoituksena on paikantaa pääasiassa tageja, suositeltavaa on tehdä myös kalibrointi tagilla. Jos kalibrointiin käytetään esimerkiksi kannettavaa tietokonetta, kaikki tukiasemat on sen ajaksi asetettava samalle kanavalle kuin tietokoneen WLAN-radio. Vaihtoehtoisesti voidaan tietokoneessa käyttää erikoisohjelmaa joka lähettää dataa kaikilla kanavilla. Kun kalibrointi tehdään paikannustagilla, tätä ongelmaa ei ole.

Paikannusmoottorille syötetään tagin MAC-osoite, jonka jälkeen kalibrointi käynnistetään. Tässä vaiheessa toinen henkilö oikeassa sormenjälkipisteessä pitää tagia kädessä ja kävelee pientä ympyrää painaen samalla tagin kutsunappia. Tällä pyörimisellä kes-

kiarvoistetaan lähetetyt signaalinvoimakkuudet ja vähennetään ihmiskehon mahdollista vaimentavaa vaikutusta. Sormenjäljen ottaminen kestää tukiasemien määrästä riippuen noin puolitoista minuuttia.

Paikannusmoottori näyttää heti kerätyn sormenjäljen signaalinvoimakkuustiedot selaimessa ja se antaa otoksesta arvosanan. Jos riittävän moni tukiasema on kuullut signaalin ja voimakkuuserot ovat tarpeeksi erilaisia, arvosanaksi tulee "erinomainen". Muussa tapauksessa mittaus kannattaa suorittaa uudestaan. Huoneessa tai muussa tilassa, jossa kalibrointia suoritetaan ei saa olla ylimääräisiä ihmisiä vaimentamassa signaalia. Tulee myös muistaa, että jos sormenjälki otetaan oven lähettyviltä, kannattaa se sulkea/avata kalibroinnin puolivälissä. Näin vaimentavan oven vaikutus ja sen poissaolo saadaan mukaan sormenjälkitulokseen. [17]

**Name:** eng-ASVM

**Description:**

**Bound to Locale:** Engineering\* **Prior Value:** 1.0

**RF Fingerprint Quality:** Excellent

Calibration Advanced

**MAC Address:** 00:20:A6:52:06:3E Cancel

**Progress: 16%**

LocalePoint	RF Fingerprint
10.0.4.120	
10.0.4.122	
10.0.4.123	
10.0.4.124	
10.0.4.128	
10.0.4.131	
10.0.4.132	
10.0.4.134	

Save Cancel

Kuvio 8. Sormenjälkipisteestä kerätyt signaalinvoimakkuudet.

#### 4.4 Dashboard

Web-käyttöliittymällä pystytään määrittämään sormenjäljet ja alueet tekstipohjaisesti. Tässä vaiheessa niitä ei kuitenkaan pääse tarkastelemaan graafisesti. Sitä varten tieto-

koneelle asennetaan Trapeze Dashboard -ohjelma, jolla alueet ja sormenjälkipisteet voidaan määrittää karttapohjalle. Ohjelma muodostaa https-yhteyden LA-200-palvelimeen. Siihen ladataan pohjakartta alueesta jpeg-muodossa tai muussa yleisessä kuvamuodossa, jonka jälkeen karttaan piirretään alueet piirtotyökalulla ja määritetään sormenjälkien paikka. Dashboard hakee LA-200-palvelimelta alueiden ja sormenjälkien nimet. Karttaan voidaan halutessaan myös lisätä paikannettavan kerroksen tukiasemat. Eri alueiden karttapohjia Dashboardiin voidaan lisätä rajatta. Kun määrittelyt ovat valmiit, voidaan kohteita seurata karttapohjalla reaaliaikaisesti.

Tämän graafisen käyttöliittymän käyttö ei kuitenkaan ole paikannuksen kannalta välttämätön, koska kohteita voidaan seurata selaimella tekstipohjaisesti. Karttapohjan käyttö helpottaa kuitenkin alueen hahmotusta ja sormenjälkien oikeaoppista asettamista toisiinsa nähden. Dashboardissa määritetty karttapohja on käytössä myös Active Asset –hallintatyökalussa.

#### 4.5 Active Asset

Active Asset on kohteiden paikantamiseen ja hallintaan tarkoitettu ohjelma. Niitä voidaan seurata tekstipohjaisesti sekä kartalla. Ohjelmalla voidaan nimetä, ryhmitellä ja konfiguroida tageja ja muita laitteita. Sillä voidaan myös laatia erilaisia raportteja ja asettaa hälytyksiä. Active Asset on ohjelma, jota käytetään jokapäiväisessä paikannuksessa. Vaikka web-käyttöliittymä ja Dashboard -ohjelma tarjoavatkin mahdollisuuden paikantamiseen, ovat ne pelkästään asennustyökaluja.

Active Asset kannattaa asentaa palvelinkoneeseen, koska siihen kaikki paikannusta käyttävät henkilöt ovat https-yhteydessä selaimella. Ohjelma on edelleen https-yhteydessä LA-200-palvelimeen ja hakee sieltä jatkuvasti paikkatietoja xml/soap-viestein.

Kun paikannettavia kohteita on satoja, niiden hallitsemisen helpottamiseksi on määritettävä ryhmiä ja tyyppejä. Sopivaksi ryhmän nimeksi käy esimerkiksi "Sairaalavälineet" ja tyyppiä "Pyörätuoli". Näin karttapohjalla, tekstimuotoisessa paikkatietolistassa tai raportissa voidaan näyttää vain halutut kohteet.

Kohteita hallinnoidaan MAC-osoitteiden mukaan. Kun osoite on syötetty, voidaan sille antaa erilaisia tunnistetietoja kuten nimi, tyyppi ja kohteen ryhmä. Omia tietokenttiä voi lisätä ohjelmaan xml-merkintäkielellä. Tällä tavoin voidaan määrittää esimerkiksi tekstilaatikoita, pudotusvalikoita ja valintaruutuja. Kohteisiin voidaan myös lisätä niiden kuva.

Active Assetissa on import/export –toiminto, jolla kohteiden tiedot voi lisätä ja tallentaa xml-muodossa. Kun tarkoituksena on määrittää satojen eri kohteiden tietoja, kannattaa se tehdä xml-kielellä.



The screenshot shows a 'Asset Information' dialog box with the following fields and values:

- Name: Mike Jones
- Type: Security Guard (dropdown)
- Group: Security (dropdown)
- Tag: 00:1C:6E:00:10:12
- Monitor Conditions: ☐
- Assigned Locale: [empty field]
- Date Started: June 10, 2001
- Company: US Security (dropdown)
- Pageable: ☐

Buttons: Save, Cancel

Kuvio 9. Kohteen tietokentät Active Asset –ohjelmassa.

Ohjelmaan määritetään käyttäjätunnuksia ja niiden oikeuksia. Käyttäjä voidaan esimerkiksi asettaa tilaan, että se pystyy vain paikantamaan kohteita, mutta ei muutamaa niiden tietoja.

Active Assetilla voidaan asettaa paljon erilaisia hälytyksiä. Hälytykset näkyvät selaimessa, mutta ne voidaan myös ohjata sähköpostilla eteenpäin. Hälytyksille voidaan asettaa niitä koskevat laitteet, alueet sekä ajankohdat, jolloin ne ovat voimassa, niin viikonpäivät ja kellonajatkin.

Seuraavassa lista eri hälytystyypeistä:

- kohteen poistuminen alueelta
- kohteen saapuminen alueelle
- kutsunapin painaminen
- kohteen paikkatietojen puuttuminen
- kohde liikkellä
- paikannustagin patteri vähissä
- kohteiden lukumäärä alueella
- lämpötilan muutokset.

Active Assetilla voidaan konfiguroida tagien ominaisuuksia. Signaalipurskeen lähetysaikaväli, kanavat ja niiden määrä per kanava voidaan asettaa halutuksi. Tagi voidaan asettaa lähettämään useammin paikkatietonsa, kun se on liikkeessä.

Ohjelmasta saa myös paljon erilaisia raportteja niin kohteiden lukumäärästä eri alueilla kuin lämpötilan muutoksistakin. Ne saa ladattua suoraan pdf-muodossa Active Asset – ohjelmasta. [10]

#### 4.6 Trapeze RF Firewall

Trapezen RF Firewall on fyysiseen sijaintiin perustuva turvallisuussovellus, joka luo rakennuksen tai muun alueen ympärille rajan, jonka ulkopuolelta ilman lupaa WLAN-yhteyttä ottavien laitteiden yhteys voidaan estää. RF Firewall-sovellus toimii LA-200-paikannuspalvelimen kanssa. Tiedot luvattomista yhteydenotoista tallennetaan lokiin ja ne voidaan ohjata sähköpostilla eteenpäin. Luvattomien asiakasyhteyksien lisäksi tunkeilevien tukiasemien (Rogue Access Point) yhteydet voidaan estää. [17]

### 5 Paikannus Päijät-Hämeen keskussairaalassa

Päijät-Hämeen keskussairaala tarjoaa erikoissairaanhoidopalveluja 14 eri kunnalle. Sairaalarakennuksen pinta-ala on noin 95 000 neliometriä ja henkilökuntaa siellä työskentelee lähes 1500. Näin suuressa sairaalassa potilaiden, laitteiden ja henkilökunnan paikantaminen reaaliaikaisesti tuottaisi huomattavia säästöjä ja tehostaisi työntekoa. Sairaalassa on olemassa WLAN-verkko, jonka päälle paikannuspalvelu voidaan perustaa.



Paikannusta tullaan käyttämään ensisijaisesti dementiapotilaiden valvontaan. Potilas-seurantaan käytettävän tagin on oltava mahdollisimman pieni, huomaamaton ja vaikeasti itse irroitettava. Sen tulee kestää kosteutta, pakkasta sekä roiskevettä. Hälytyksen on lauettava potilaan poistuessa tietyltä alueelta tai kun tagi irrotetaan väkivalloin.

Tulevaisuudessa on tarkoitus rakentaa koko sairaalan alueen kattava paikannusverkko. Potilaiden valvonnan lisäksi paikannusta käytettäisiin henkilökunnan ja sairaalalaitteiden paikannukseen. Elintärkeiden ja kalliiden sairaalalaitteiden liikkumista voitaisiin valvoa koko sairaalan alueella. Näin ne olisivat aina tehokkaasti käytettävissä. Pyörätuolien katoaminen sairaalan alueelta on muodostunut ongelmaksi. Laittamalla jokaiseen tuoliin paikannustagi, voitaisiin niiden liikettä valvoa, ja hävikki saataisiin kuriin.

Henkilökunnan paikkatietoa käytettäisiin henkilöturvan parantamiseen. Yksin yöllä sairaalan käytävillä kulkevat saisivat nopeasti apua mahdollisessa päällekkäustilanteessa painamalla paikannustagin kutsunappia. Tagissa tulisi olla kaksi nappia. Toista käytettäisiin tilanteessa, joka on uhkaava, mutta ei vielä kriittinen. Toinen nappi olisi kriittistä tilannetta varten, jossa apua tarvitaan mahdollisimman nopeasti.

Potilaan poistuessa tietyltä alueelta päällekkäyksessä tai muussa kriittisessä tilanteessa hälytysviestin on kulkeuduttava ensisijaisesti tekstiviestinä turvallisuushenkilökunnalle. Näin taataan mahdollisimman nopea reagointi erikoistilanteeseen.

Paikannusta tarvitsevia dementiapotilaita sairaalassa on noin sata ja paikannettavia laitteita 400 kappaletta. Henkilöturvan takia paikannustagin tarvitsee jopa tuhat työntekijää. Yhteislukumääräksi paikannettaville laitteille tulee siis 1000-1500 kappaletta.

## 6 Paikannusjärjestelmän testaus

Paikannusjärjestelmän testaus suoritettiin Päijät-Hämeen keskussairaalan neurologisella osastolla. Testausympäristönä alue on haastava rajoitetun liikkumisen, henkilökunnan paljouden ja potilaiden takia. On kuitenkin tärkeää päästä testaamaan paikannus-

järjestelmää samoissa olosuhteissa, joihin se mahdollisesti tullaan ottamaan käyttöön. Näin saadaan mahdollisimman todenmukainen kuva sen toiminnasta.

## 6.1 Tavoite

Testauksen tavoitteena oli kokeilla Trapezen paikannusjärjestelmän käyttöönottoa, tarkkuutta, nopeutta sekä hallittavuutta. Oli selvitettävä, soveltuuko se sairaalamaailman vaativiin olosuhteisiin, jossa paikannukselta vaaditaan nopeaa vasteaikaa, helppo-käyttöisyyttä ja toimintavarmuutta. Tavoitteena oli testata myös erilaisia hälytystoimintoja.

## 6.2 Laitteisto

Paikannettavana mobiililaitteena käytettiin pääasiassa Trapeze Newburyn AT-320-tagia, mutta myös kannettavaa tietokonetta paikannettiin. Osastoille oli asennettu tukiasemat valmiiksi. Myös tukiasemaohjain oli valmiiksi asennettu ja konfiguroitu. Tukiasemien sijoittelussa ei ole juuri otettu huomioon paikannuksen erikoistarpeita. Neurologisen osaston kahdeksan tukiaseman lisäksi testikäyttöön saatiin kuitenkin lisättyä ylemmän kerroksen kahdeksan tukiasemaa. Näin ollen niiden yhteislukumäärä, 16 kappaletta, oli enemmän kuin riittävä tarkan paikannusverkon saavuttamiseksi. LA-200-paikannuspalvelin asennettiin konehuoneeseen.

Asennusvaiheessa palvelimeen otettiin konsoliyhteys, jonka avulla päästiin komentoliit-  
tymässä asettamaan laitteelle isäntänimi (engl. hostname) ja kiinteä IP-osoite. Kun nämä on määritetty, voidaan yhteys (https) paikannuspalvelimeen muodostaa selaimella.

LA-200-palvelimeen voidaan ottaa yhteys joko normaaliin https-porttiin 443 tai porttiin 8003. Jälkimmäinen portti on tarkoitettu palvelimen perusasetusten muokkaamiseen. Paikannuspalvelin tarvitsee toimiakseen DNS-nimipalvelimen ja käänteisnimipalvelun. Nimipalvelimen IP-osoite voidaan asettaa käyttämällä 8003-porttia. Sen kautta asetetaan myös NTP-palvelin, ajastetut uudelleenkäynnistykset, päivitykset sekä järjestelmän tilan varmuuskopiointi ja palauttaminen.

Perusasetusten tekemisen jälkeen, Trapezen WLAN-kontrollerille kerrotaan ne tukiasemat, jotka halutaan mukaan paikannukseen. LA-200 hakee tiedot näistä tukiasemista

ohjaimelta. Kaikki tukiasemat asetettiin kanavalle 1. Näin myös tagin lisäksi voitiin testata hyvin kannettavan tietokoneen paikantamista.

### 6.3 Paikannusalueen määrittäminen

Osaston koko on kokonaisuudessaan noin 40x20 metriä. Paikannusta testattiin vain sen toisella puolikkaalla, eli toisen puolen käytävässä, huoneissa ja aulatilassa. Alueet eli "Localet" määritettiin huoneiden mukaan. Alueita on yhteensä kymmenen ja sormenjalkia 14 kappaletta. Pienistä huoneista otettiin kustakin yksi sormenjalki, suuresta potilashuoneesta ja aulahuoneesta otettiin kaksi ja käytävältä kolme jälkeä. Sormenjäljet sidottiin lopuksi oikeisiin alueisiin.

Alueiden ja sormenjalkien muodostamisen jälkeen ne piirrettiin Dashboard-ohjelmalla karttapohjalle. Karttaan määritettiin myös tukiasemien sijainti. Tämä ei ole pakollista, mutta selkeyttää kokonais kuvaa. Neurologinen osasto ja ylemmän kerroksen osasto ovat rakenteeltaan samanlaisia ja tukiasemat ovat niissä samoissa kohdissa käytävällä. Ylemmän kerroksen tukiasemia ei tähän samaan pohjakarttaan voi määrittää.

### 6.4 Kalibrointi

Kun alueet, sormenjäljet ja tukiasemat oli määritetty, aloitettiin kalibrointi. Tagin MAC-osoite syötettiin selaimella palvelimelle. Kalibrointi suoritettiin etäisesti, niin että yksi henkilö käynnisti sen tietokoneelta, jolta yhteys LA-200:een oli ja toinen henkilö oli sormenjälkipisteessä samaan aikaan tagin kanssa. Henkilöiden välillä oli puheyhteys. Tagin kanssa pyörättiin pientä ympyrää samalla tagin kutsunappia painaen. Yhteen mittaukseen meni aikaa yhdestä neljään minuuttia. Pitkä kalibrointiaika johtuu tukiasemien suuresta määrästä. Jokainen mittaus onnistui kuitenkin hyvin ensiyrityksellä, koska tukiasemat kuuluivat tagin hyvin. Itse mittaustoimenpiteen lisäksi aikaa kului paikasta toiseen siirtymiseen. Pelkästään osaston puolikkaan kalibrointimittaamiseen kului aikaa noin 35 minuuttia.

### 6.5 Paikannuksen testaus

Paikannusta kokeiltiin viemällä tagi vuorotellen eri huoneisiin. Kohdetta seurattiin Dashboardin karttapohjalla sekä web-käyttöliittymässä tekstipohjaisena. Paikannus toimi kaikenkaikkiaan kohtuullisen hyvin. Päästiin siis haluttuun huonetason tarkkuuteen. Mentäessä suoraan siihen kohtaan, jossa sormenjalki oli otettu, tila päivittyi usein

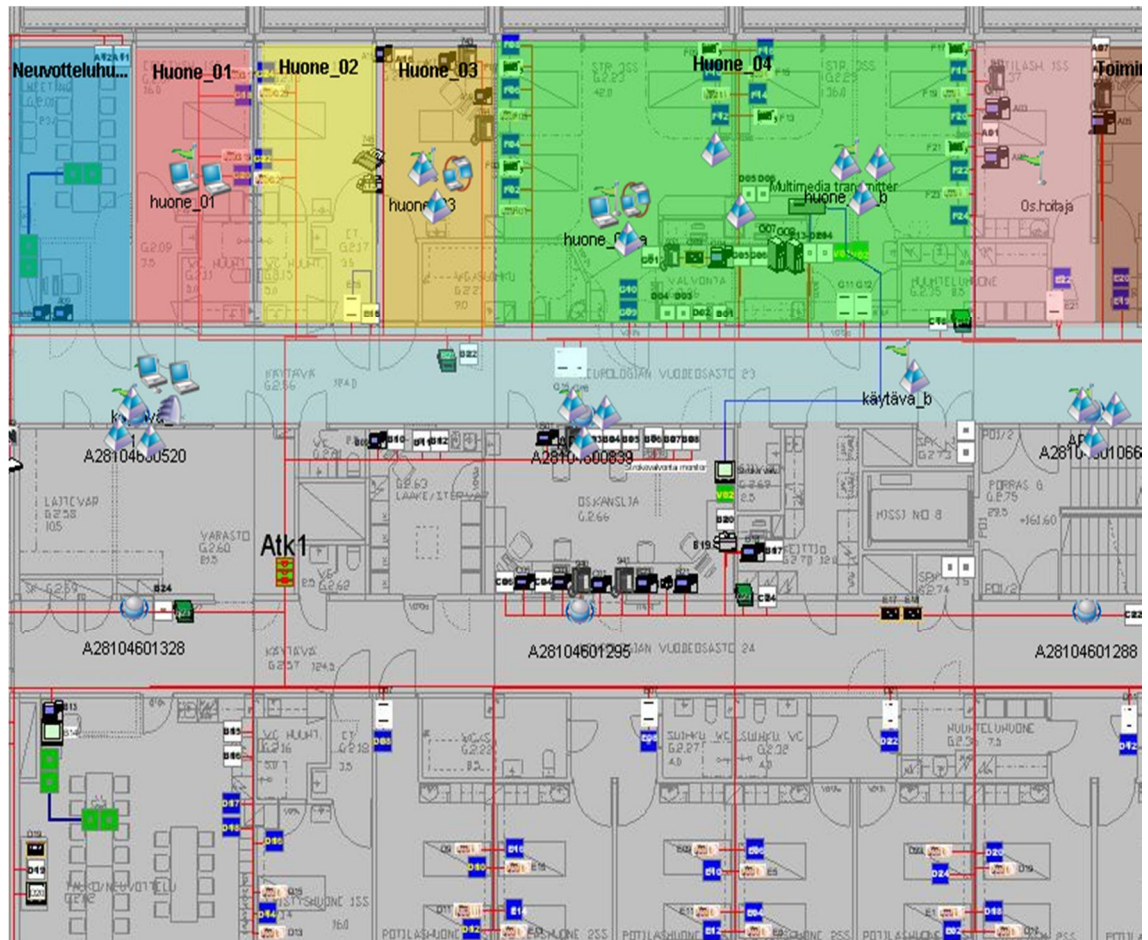
vajaassa kolmessakymmenessä sekunnissa Dashboardiin ja selaimen ikkunaan. Kun ei oltu aivan sormenjäljen kohdalla, tieto paikasta tuli hieman hitaammin. Tagin kutsunappia painettaessa, tieto siitä välittyi heti karttapohjaan, jossa tagin kohdalle ilmes-tyi tieto tästä. Kuitenkaan itse paikkatieto ei päivittynyt samalla hetkellä, vaan se tuli vasta 15 sekunnin päästä. Satunnaisesti tagin nappia useasti painamalla saavutettiin vain kymmenen sekunnin viive.

Pientä epätarkkuutta paikannuksessa kuitenkin esiintyi käytävällä huoneiden avonais-ten ovien kohdalla. Näissä kohdissa paikannusmoottori ei saanut selvää, onko tagi huoneessa vai käytävällä. Ratkaisu tähän olisi ottaa toinen sormenjälki huoneesta avo-naisen oven läheltä ja käytävän puolelta.

Hälytyksen toiminta testattiin onnistuneesti. Active Asset asetettiin lähettämään sähkö-postiviesti tiettyyn osoitteeseen, kun tagin kutsunappia painetaan. Hälytysviestissä on tagin tiedot, sen paikka, hälytyksen syy sekä itse määriteltävä viesti.

Active Assetin karttapohjaa ei syystä tai toisesta saatu vielä toimimaan, joten paikan-nusta päästiin seuraamaan sillä vain tekstimuodossa. Myöskään tagien signaalin lähe-tysaikaväliä tai kanavia ei vielä onnistuttu muuttamaan. Näitä ominaisuuksia ei siis täs-sä työssä päästy kokeilemaan.

Poistuttaessa koko osastolta alueelle, jossa sormenjälkiä ei ollut, tuli tieto siitä noin viidessätoista sekunnissa, kun tagin nappia paineltiin jatkuvasti. Tehtäessä sama testi ilman napin painamista, paikkatiedon päivittyminen kesti välillä jopa yli minuutti. Pai-kannusmoottorin pitäisi tilanteessa, jossa tagilta saatava signaali ei vastaan mitään sormenjälkipistettä, ilmoittaa tästä asettamalla kohteen paikaksi ”muualla”. Näin ei kuitenkaan käynyt kovinkaan nopeasti. Tähän ratkaisu olisi ottaa useita sormenjälkipis-teitä myös osaston ulkopuolelta kaikilta mahdollisilta poistumisreiteiltä. Kun tagi sitten poistuu alueelta, siitä saadaan varmistus sormenjälkipisteiden avulla.



Kuvio 10. Localet, sormenjäljet ja havaitut laitteet Dashboard- sovelluksessa.

LA-200 havaitsi suuren määrän muita sairaalassa käytettäviä WLAN-laitteita. Osan paikaksi paikannuspalvelin ilmoitti jonkun neurologisen osaston huoneista, vaikka todellisuudessa ne eivät siellä olleet. Tämä aiheutuu siitä, että sormenjälkipiste on hyvin lähellä ylä- tai alakerroksessa olevia laitteita. Eri kerrosten laitteet saatetaan siis virheellisesti asettaa väärän kerroksen alueeseen, koska niiden RSSI-arvot muistuttavat sormenjälkeä eikä lähellä ole muita pisteitä. Tämä ongelma saadaan ratkaistua kartoittamalla myös ylempi ja alempi kerros sormenjälkipisteillä. Näin paikannusmoottorilla on helpompi työ laskea paikkatiedot, eikä sen tarvitse arvata, milloin laite on alueella ja milloin jossain muualla. Sama pätee alueen reunoilla. Paikannusalueen viereisiin tiloihin kannattaa laittaa sormenjäljet, vaikka niitä alueita ei paikannuksessa varsinaisesti käytettäisikään.

History - Active Asset - Microsoft Internet Explorer

Tiedosto Muokkaa Näytä Suosikit Työkalut Ohje

Edellinen Etsi Suosikit

Osoite https://127.0.0.1/asset/history?id=2

Active Asset System name: 6902cpoin1t

Assets View Reports Conditions Alerts Settings User: 6

History - tag

Details Page 1 of 1 Displaying 1 - 41 of 41 Events

Event	Tag	Locale	Start Time	End Time	Duration
Locale Change	00:1C:6E00:28:CA	Käytävä_01	02/23/2011 15:03:50		1m 42s
Locale Change	00:1C:6E00:28:CA	Huone_04	02/23/2011 15:03:20	02/23/2011 15:03:50	30s
Locale Change	00:1C:6E00:28:CA	Käytävä_01	02/23/2011 14:33:29	02/23/2011 15:03:20	29m 51s
Locale Change	00:1C:6E00:28:CA	Paivahuone	02/23/2011 14:31:28	02/23/2011 14:33:29	2m 0s
Locale Change	00:1C:6E00:28:CA	Huone_04	02/23/2011 14:29:41	02/23/2011 14:31:28	1m 47s
Locale Change	00:1C:6E00:28:CA	Huone_03	02/23/2011 14:28:15	02/23/2011 14:29:41	1m 26s
Locale Change	00:1C:6E00:28:CA	Käytävä_01	02/23/2011 14:27:56	02/23/2011 14:28:15	18s
Locale Change	00:1C:6E00:28:CA	Huone_03	02/23/2011 14:27:09	02/23/2011 14:27:56	46s
Locale Change	00:1C:6E00:28:CA	Käytävä_01	02/23/2011 14:26:52	02/23/2011 14:27:09	17s
Locale Change	00:1C:6E00:28:CA	Läkäni	02/23/2011 14:26:37	02/23/2011 14:26:52	15s
Locale Change	00:1C:6E00:28:CA	Osastonhoitaja	02/23/2011 14:26:20	02/23/2011 14:26:37	17s
Locale Change	00:1C:6E00:28:CA	Läkäni	02/23/2011 14:25:34	02/23/2011 14:26:20	46s
Locale Change	00:1C:6E00:28:CA	Käytävä_01	02/23/2011 14:24:45	02/23/2011 14:25:34	49s
Locale Change	00:1C:6E00:28:CA	Paivahuone	02/23/2011 14:24:44	02/23/2011 14:24:45	0s
Locale Change	00:1C:6E00:28:CA	--Elsewhere--	02/02/2011 16:33:55	02/23/2011 14:24:44	20d 21h 50m 49s
Locale Change	00:1C:6E00:28:CA	Paivahuone	02/02/2011 16:29:31	02/02/2011 16:33:55	4m 24s
Locale Change	00:1C:6E00:28:CA	Huone_04	02/02/2011 16:10:30	02/02/2011 16:29:31	19m 0s
Locale Change	00:1C:6E00:28:CA	--Elsewhere--	02/02/2011 16:10:15	02/02/2011 16:10:30	15s
Locale Change	00:1C:6E00:28:CA	Läkäni	02/02/2011 16:01:30	02/02/2011 16:10:15	8m 45s
Locale Change	00:1C:6E00:28:CA	Paivahuone	02/02/2011 15:59:58	02/02/2011 16:01:30	1m 31s
Locale Change	00:1C:6E00:28:CA	Käytävä_01	02/02/2011 15:52:49	02/02/2011 15:59:58	7m 8s
Locale Change	00:1C:6E00:28:CA	--Elsewhere--	02/02/2011 15:51:39	02/02/2011 15:52:49	1m 10s
Locale Change	00:1C:6E00:28:CA	Käytävä_01	02/02/2011 15:04:14	02/02/2011 15:51:39	47m 24s

Copyright ©2001-2009 Newbury Networks, Inc.

Valmis

Käynnistä

Kuvio 11. Active Asset ja paikannettavan tagin historia.

Tagin lämpötila-anturi toimi moitteetta. Paikannusta testattiin myös kannettavalla tietokoneella, mikä oli yhtä nopeaa kuin tagin paikannus.

## 6.6 Johtopäätökset

Trapezen paikannusjärjestelmä toimi muutamia puutteita lukuunottamatta hyvin. Sairaalaralaitteiden ja muiden tavaroiden paikannukseen se soveltuu erinomaisesti, koska niiden seuraamiseen riittää usein minuuttienkin paikannusviive. Liikkuvien kohteiden paikannuksessa Trapezen järjestelmällä on kuitenkin ongelmia. Paikannustagin on lähetettävä samasta pisteestä monessa tilanteessa useampi kerta RSSI-dataa paikannusmoottorille ennen kuin paikan laskeminen onnistuu luotettavasti. Tämän lisäksi moottori tarvitsee yleensä 15-60 sekuntia aikaa paikan määrittämiseen, joten pakoon juokseva dementiapotilas saattaa ehtiä hyvinkin kauas osastoltaan, ennen kuin hälytysviesti on kulkeutunut henkilökunnalle. Trapezen tuotevalikoimaan ei kuulu oviaukoil-

le tai aulatiloihin asennettavia herättimiä. Kuitenkin niiden asentaminen osaston aulaan tehostaisi potilaiden ja muiden alueelta poistuvien kohteiden valvontaa huomattavasti.

Trapeze Newburyn AT-320 tagissa ei ole kahta kutsunappia, joita henkilökunta voisi käyttää päällekkäustilanteessa. Ainakaan tämän hetkisessä Active Assetin versiossa ei pysty asettamaan toimintoja kuin yhdelle napille, joten vaikka käytettäisiinkin jonkun muun valmistajan kahden napin tagia, ei niitä kumpaakin voi käyttää Trapezen järjestelmässä. Tagiin ei myöskään pysty lähettämään mitään informaatiota, esimerkiksi tietoa siitä, että hälytyskutsuun on vastattu.

Trapezen paikannuspalvelu on Juniper Networksin mukaantulon myötä luultavasti kovan kehityksen alaisena ja siinä tullaan varmasti lähitulevaisuudessa näkemään suuria muutoksia ja parannuksia.

## 7 Yhteenveto

Tässä työssä tutkittiin reaaliaikaisen WLAN-paikannusjärjestelmän tekniikkaa ja sen toimintaperiaatteita Trapeze Networksin paikannuspalvelun käyttöönottoa ja sen ominaisuuksia testattiin Päijät-Hämeen keskussairaalassa.

Työssä todettiin Trapezen pelkästään sormenjälkitekniikkaan perustuva paikannusmenetelmä hitaaksi käyttöönotettavaksi kalibroinnin takia, mutta paikannustarkkuudeltaan hyväksi. Suhteellisen pitkän paikannusviiveen takia nopeasti liikkuvien kohteiden paikannus todettiin haasteelliseksi. Pääostin paikallaan tai hitaasti liikkuvien kohteiden paikannukseen järjestelmä soveltuu mainiosti. Se saatiin toimimaan hyvin, vaikka osaston tukiasemia ei oltukaan sijoitettu paikannuksen vaatimuksia huomioon ottaen. Tähän on syynä niiden suuri lukumäärä.

Tulevaisuudessa on tutkittava, kuinka hyvin paikkatiedot pystytään selvittämään vähemmällä, kuin testissä käytetyllä määrällä tukisemia. On myös selvitettävä järjestelmän tarkkuus esimerkiksi laajoissa varasto- tai tehdasrakennuksissa, jossa radioaaltoja vaimentavia rakenteita on vähän ja sormenjäljet eivät poikkea toisistaan selvästi.

## Lähteet

- 1 AeroScout. 2011. AeroScout Tags. [WWW-dokumentti].  
<http://www.aeroscout.com/content/tags>
- 2 Bahl, P. & Padmanabhan, 2000. RADAR: an in-building RF-based user location and tracking system, Proceeding of INFOCOM 2000, s. 775 – 784.
- 3 Binghao Li, James Salter, Andrew G. Dempster, Chris Rizos. Indoor Positioning Techniques Based on Wireless LAN. 2006. [PDF-dokumentti].  
[http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/publications/lib\\_et al2006a.pdf](http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/publications/lib_et al2006a.pdf).
- 4 Chan Weng Yuen, Nagaletchumi Balasubramaniam, Norashidah Md. Din. Improvement of Indoor Location Sensing Algorithm Using Wireless Local Area Network (WLAN) IEEE 802.11b. S.857-862. Universiti Tenaga Nasional.
- 5 Cisco. 2011. Wi-Fi Location-Based Services 4.1 Design Guide, RFID Tag Considerations. [WWW-dokumentti].  
<http://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Enterprise/Mobility/wifich6.html>.
- 6 Ekahau. 2011. Ekahau Wi-Fi tags. [WWW-dokumentti].  
<http://www.ekahau.com/products/real-time-location-system/wi-fi-tags.html>.
- 7 Ekahau. 2011. Positioning Engine. [WWW-dokumentti].  
<http://www.ekahau.com/products/real-time-location-system/positioning-engine.html>.
- 8 Kaemarungsi, Kamol. 2005. Design of indoor positioning systems based on location fingerprinting technique. University of Pittsburg. [PDF-dokumentti].  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.86.7249&rep=rep1&type=pdf>.
- 9 Moonblink Communications. 2011. Radio Wave Attenuation at 2.4 GHz. [WWW-dokumentti]. [http://www.moonblinkwifi.com/attenuation\\_at\\_24ghz\\_.cfm](http://www.moonblinkwifi.com/attenuation_at_24ghz_.cfm)
- 10 Newbury Networks. 2010. Newbury Active Asset: User's Guide.
- 11 Pulkkanen, Alpo . 2010. Lisenssivapaan ISM-taajuusalueen häiriöiden ja signaalin vaimenemisen mittaaminen, s.8-14. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- 12 Rainio, Antti. 2003. Paikannus mobiilipalveluissa ja sovelluksissa. Tekes. [PDF-dokumentti]. [www.tekes.fi/fi/document/.../paikannus\\_mobiilipalveluissa\\_pdf](http://www.tekes.fi/fi/document/.../paikannus_mobiilipalveluissa_pdf)
- 13 RFID Lab Finland ry. 2011. RFID-tietoutta. [WWW-dokumentti].  
<http://www.rfidlab.fi/rfid-tietoutta>
- 14 Syrjälä, Jari. 2009. Sisätilapaikannus säteilylähteiden turvajärjestelyissä. Laurea-ammattikorkeakoulu. [PDF-dokumentti].  
[https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/1937/MBA\\_Opinnaytetyo\\_Syrjala\\_Jari.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/1937/MBA_Opinnaytetyo_Syrjala_Jari.pdf?sequence=1).



- 15 Trapeze Networks. 2009. Asset Tag AT-320 Data Sheet. [PDF-dokumentti]. [www.trapezenetworks.com/file.cfm?content=1327&pageId=637](http://www.trapezenetworks.com/file.cfm?content=1327&pageId=637).
- 16 Trapeze Networks. 2009. Location Appliance LA-200E. [PDF-dokumentti]. <http://www.trapezenetworks.com/file.cfm?content=443&pageId=666>.
- 17 Trapeze Networks. 2009. Location Services Deployment Guide. [PDF-dokumentti]. [www.trapezenetworks.com/file.cfm?content=1429&pageId=23](http://www.trapezenetworks.com/file.cfm?content=1429&pageId=23).
- 18 Trapeze Networks. 2009. Smart Focus Course: Introduction to Location-Based Services.
- 19 Vizbee RFID Systems Ltd. RFID Platform. [PDF-dokumentti]. [http://www.vizbee-rfid.com/files/Vizbee%20Platform\\_en\\_web.pdf](http://www.vizbee-rfid.com/files/Vizbee%20Platform_en_web.pdf).
- 20 Wikipedia. 2011. Free-space path loss. [WWW-dokumentti]. [http://en.wikipedia.org/wiki/Free-space\\_path\\_loss](http://en.wikipedia.org/wiki/Free-space_path_loss).
- 21 Wikipedia. 2011. Radio-frequency identification. [WWW-dokumentti]. <http://fi.wikipedia.org/wiki/RFID>.

